

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2000180789 A**(43) Date of publication of application: **30.06.00**

(51) Int. Cl.

G02B 27/28
G02B 5/30
H04B 10/28
H04B 10/02

(21) Application number: **10354532**(22) Date of filing: **14.12.98**(71) Applicant: **TOKIN CORP**

(72) Inventor: **MASUMOTO TOSHIKI**
TSUCHIYA HARUHIKO
KAWAKAMI SHOJIRO

(54) **OPTICAL ISOLATOR**

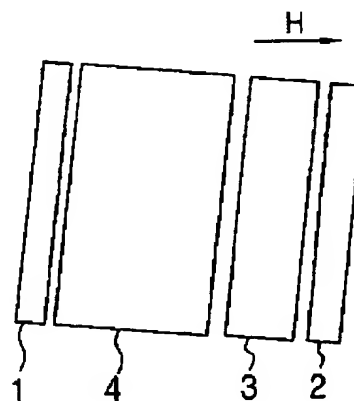
has a large area and requires on optical polishing.

(57) Abstract:

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical isolator equipped with a polarizer which is inexpensive and can be mass-produced, without degrading optical characteristics.

SOLUTION: This optical isolator consists of a reflection type first polarizer 1, consisting of a photonic crystal, light-transmitting parallel glass plates 4, a parallel plate 45° Faraday rotator 3 on which a magnetic field H is applied along the propagation direction of light, and a second polarizer 2 consisting of a photonic crystal, all arranged parallel to one another in this order and bonded with an adhesive or the like. The whole isolator is tilted from the optical axis of the incident light. The polarizers 1, 2 are arranged with the transmission polarizing directions, making a 45° angle with each other. The photonic crystal consists of a multilayered film of a high refractive index medium and a low refractive index medium deposited on a substrate surface, having a specified profile on its surface, while maintaining the same profile as that of the substrate during deposition, and the photonic crystal



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-180789

(P2000-180789A)

(43)公開日 平成12年6月30日(2000.6.30)

(51)IntCl ⁷	識別記号	F I	テマコード(参考)
G 0 2 B 27/28		G 0 2 B 27/28	A 2 H 0 4 9
5/30		5/30	2 H 0 9 9
H 0 4 B 10/28		H 0 4 B 9/00	W 5 K 0 0 2
10/02			

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 5 頁)

(21)出願番号 特願平10-354532

(22)出願日 平成10年12月14日(1998.12.14)

(71)出願人 000134257

株式会社トーキン

宮城県仙台市太白区郡山6丁目7番1号

(72)発明者 増本 敏昭

宮城県仙台市太白区郡山6丁目7番1号

株式会社トーキン内

(72)発明者 土屋 治彦

宮城県仙台市太白区郡山6丁目7番1号

株式会社トーキン内

(72)発明者 川上 彰二郎

宮城県仙台市若林区土樋236C-09

(74)代理人 100071272

弁理士 後藤 洋介 (外2名)

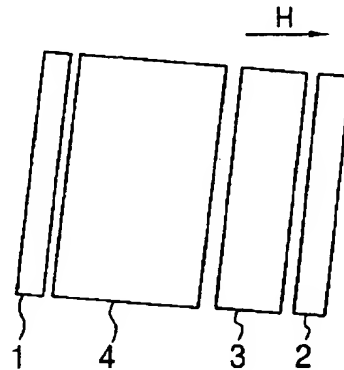
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光アイソレータ

(57)【要約】

【課題】 光学的な特性を損うことなく低価格で製造上において量産可能な偏光子を備えた光アイソレータを提供すること。

【解決手段】 この光アイソレータは、フォトニック結晶から成る反射型の第1の偏光子1、光透過性平行平板ガラス4、光の進行方向に沿った磁場Hが印加される平行平板の45度ファラデー回転子3、フォトニック結晶から成る反射型の第2の偏光子2をこの順で平行に並べて接着剤等により互いに固定配備して成ると共に、全体が入射光の光軸に対して傾いて設置されている。偏光子1、2は、それぞれの透過偏光方向が互いに45度の角度を成すように設定されており、それらのフォトニック結晶は、基板表面に形成された所定の形状に従って凹凸形状を保持しながら堆積された高屈折率媒質及び低屈折率媒質の多層膜から成り、大面積で光学研磨を必要としない。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 フォトニック結晶から成る反射型の第 1 の偏光子、光透過性平行平板、平行平板の 45 度ファラデー回転子、フォトニック結晶から成る反射型の第 2 の偏光子をこの順で平行に並べて固定配備して成ると共に、全体が入射光の光軸に対して傾いて設置されることを特徴とする光アイソレータ。

【請求項 2】 フォトニック結晶から成る反射型の第 1 の偏光子、45 度ファラデー回転子、フォトニック結晶から成る反射型の第 2 の偏光子をこの順で並べて配備して成ると共に、該第 1 の偏光子及び該第 2 の偏光子を非平行に配置し、且つ該 45 度ファラデー回転子と該第 1 の偏光子及び該第 2 の偏光子の何れか一方とをほぼ平行に配置して成ることを特徴とする光アイソレータ。

【請求項 3】 請求項 1 又は 2 記載の光アイソレータにおいて、前記第 1 の偏光子及び前記第 2 の偏光子を成す前記フォトニック結晶は、基板表面に形成された所定の形状に従って凹凸形状を保持しながら堆積された高屈折率媒質及び低屈折率媒質の多層膜から成ることを特徴とする光アイソレータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、主として光通信機器や光情報処理機器等に用いられると共に、光を一方向にのみ透過させて逆方向には遮断する光学素子である光アイソレータに関する。

【0002】

【従来の技術】従来、この種の光アイソレータは、一例として 2 つの偏光子と、これらの偏光子間に設けられて磁場が印加される 45 度ファラデー回転子とが光軸上に位置合わせされて配備された構成となっている。実用化されている既存の光アイソレータにおいて、その偏光子の材料としては、複屈折単結晶のプリズム、金属粒子を含むガラス、誘電体及び金属の複合多層膜等が挙げられる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】上述した既存の光アイソレータの場合、その構成要素である偏光子は材料自体が高価である上、その製造に際して切断や光学研磨等の加工工程を要することにより製造コストを低減化することが困難となっているため、光アイソレータ全体の価格を高める要因となっている。実際に、既存の光アイソレータでは、製造コストの約 50% 以上を偏光子が占めることがある。

【0004】本発明は、このような問題点を解決すべくなされたもので、その技術的課題は、光学的な特性を損うことなく低価格で製造上において量産可能な偏光子を備えた光アイソレータを提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、フォ

ニック結晶から成る反射型の第 1 の偏光子、光透過性平行平板、平行平板の 45 度ファラデー回転子、フォトニック結晶から成る反射型の第 2 の偏光子をこの順で平行に並べて固定配備して成ると共に、全体が入射光の光軸に対して傾いて設置される光アイソレータが得られる。

【0006】一方、本発明によれば、フォトニック結晶から成る反射型の第 1 の偏光子、45 度ファラデー回転子、フォトニック結晶から成る反射型の第 2 の偏光子をこの順で並べて配備して成ると共に、該第 1 の偏光子及び該第 2 の偏光子を非平行に配置し、且つ該 45 度ファラデー回転子と該第 1 の偏光子及び該第 2 の偏光子の何れか一方とをほぼ平行に配置して成る光アイソレータが得られる。

【0007】他方、本発明によれば、上記何れかの光アイソレータにおいて、第 1 の偏光子及び第 2 の偏光子を成すフォトニック結晶は、基板表面に形成された所定の形状に従って凹凸形状を保持しながら堆積された高屈折率媒質及び低屈折率媒質の多層膜から成る光アイソレータが得られる。

20 【0008】

【発明の実施の形態】以下に実施例を挙げ、本発明の光アイソレータについて、図面を参照して詳細に説明する。

【0009】最初に、本発明の光アイソレータの技術的概要を説明する。本発明の光アイソレータにおいては、その構成要素となる偏光子にフォトニック結晶から成る反射型のものを使用する。フォトニック結晶は、基板表面に形成された所定の形状に従って凹凸形状を保持しながら堆積された高屈折率媒質及び低屈折率媒質の多層膜から成る。こうしたフォトニック結晶から成る反射型の偏光子を用いて 45 度ファラデー回転子と組み合わせれば光アイソレータを構成できる。

【0010】フォトニック結晶から成る偏光子の開発には、近年の高屈折率媒質及び低屈折率媒質から成る人工的な周期構造体におけるフォトン（光子）の状態密度の研究成果が関与している。即ち、互いに直交する 2 つの直線偏光においてそれぞれが独立に周波数と波動ベクトルとの関係を持ち、バンドギャップ（フォtons の状態密度が零となる周波数帯域）もそれぞれの偏光に固有であり、しかも或る周波数帯域において一方の偏光に対する状態密度が零であり、他方の偏光に対する状態密度が零にならない場合の周波数帯域において偏光子としての作用が可能な周期構造体の開発である。こうした周期構造体は、一方の偏光を反射し、他方の偏光を波動ベクトルを保存しながら透過させる。

【0011】特に、このような周期構造体としてのフォトニック結晶の中でも、上述したように基板表面に形成された形状に従って凹凸形状を保持しながら堆積された高屈折率媒質及び低屈折率媒質の多層膜から成るフォトニック結晶は、光アイソレータ用偏光子として優れた特

質を備えている。例えば堆積層の垂線方向を中心とする方向から入射する入射光に対して偏光子として作用するため、光学研磨を必要としないという点が顕著な特質として挙げられる。

【0012】しかしながら、こうしたフォトニック結晶から成る反射型の偏光子は、透過しない光を反射させるので、その特長を活かすための構造として、反射光を光アイソレータの光学系の外に導き出すように設計する必要があり、こうした条件を充足することによって、高い逆方向損失を持つ光アイソレータを構成することができ

る。

【0013】図1は、本発明の一実施例に係る光アイソレータの基本構成を示した側面図である。この光アイソレータは、フォトニック結晶から成る反射型の第1の偏光子1、光透過性平行平板ガラス4、平行平板の45度ファラデー回転子3、フォトニック結晶から成る反射型の第2の偏光子2をこの順で平行に並べて接着剤等により互いに固定配備して成ると共に、全体が入射光の光軸に対して傾いて設置されている。

【0014】このうち、第1の偏光子1及び第2の偏光子2は、それぞれの透過偏光方向が互いに45度の角度を成すように設定されており、それらのフォトニック結晶は、基板表面に形成された所定の形状に従って凹凸形状を保持しながら堆積された高屈折率媒質及び低屈折率媒質の多層膜から成り、大面積で光学研磨を必要としない。45度ファラデー回転子3は、GdBiFeガーネット厚膜から成り、光の進行方向に沿った磁場Hが印加される。

【0015】図2は、この光アイソレータの順方向及び逆方向における透過光の光路を示した側面図である。

【0016】先ず、この光アイソレータの順方向における透過光について説明する。順方向における入射光は、光路5に沿って第1の偏光子1に入射した後、第1の偏光子1、平行平板ガラス4、45度ファラデー回転子3、及び第2の偏光子2を左側から右側へ進んで透過した後、第2の偏光子2から出射光として光路6に沿って出射する。

【0017】次に、この光アイソレータの逆方向における透過光について説明する。逆方向における入射光は、光路6に沿って第2の偏光子2に入射した際、一方の偏光成分が光路7の方向に沿って反射光として反射されると共に、他方の偏光成分が第2の偏光子2を透過し、45度ファラデー回転子3と平行平板ガラス4とを透過して第1の偏光子1に至る。このとき、他方の偏光成分は偏光方向が第1の偏光子1の透過方向から90度回転しているため、入射光は第1の偏光子1で反射された後、平行平板ガラス4と45度ファラデー回転子3とを透過して第2の偏光子2に至る。又、このときの他方の偏光成分は偏光方向が第2の偏光子2の透過方向から90度回転しているため、入射光は第2の偏光子2で反射され

た後、45度ファラデー回転子3と平行平板ガラス4とを透過して第1の偏光子1に入射する。この際、入射光は偏光方向が第1の偏光子1の透過方向に一致しているため、第1の偏光子1を透過して光路8に沿って透過光として出射する。この逆方向における透過光の光路8は、順方向における入射光の光路5から平行移動したものととなっている。

【0018】図3は、このような光アイソレータを使用した光学系装置の構成を例示した側面図である。この光学系装置は、レーザダイオード9からのレーザ光を集光レンズ10を通して光アイソレータ11に入射させ、光アイソレータ11を通過した透過光を光ファイバ端12に結合させるように各部がレーザ光の光軸に合わせられて配備されている。

【0019】この光学系装置において、光アイソレータ11による逆方向における透過光の光路8の順方向における入射光の光路5からの平行シフト量を s とし、集光レンズ10の像倍率を m とすれば、逆方向における透過光はレーザダイオード9の発光部分から s/m だけ離れた位置に集光し、レーザダイオード9の発光部分に結合しない。

【0020】この光学系装置における各構成要素（光学素子）を光学接着剤で貼り合わせた場合、平行シフト量 s は、 t_f を45度ファラデー回転子3の厚さ、 t_g を平行平板ガラス4の厚さ、 n_f を45度ファラデー回転子3の屈折率、 n_g を平行平板ガラス4の屈折率、 θ を光アイソレータ11の入射光に対する傾き角度とした場合、近似的に $s = \sin \theta \{ 3 t_f (n_f^2 - \sin^2 \theta)^{-1/2} + 3 t_g (n_g^2 - \sin^2 \theta)^{-1/2} - (t_f + t_g) (1 - \sin^2 \theta)^{-1/2} \}$ なる関係で表わすことができる。

【0021】図4は、この光学系装置の光アイソレータ11における傾き角度 θ (deg) に対する平行シフト量 s (μm) の関係を示したものである。但し、ここでは45度ファラデー回転子3の厚さ $t_f = 450 \mu m$ 、平行平板ガラス4の厚さ $t_g = 1 mm$ 、45度ファラデー回転子3の屈折率 $n_f = 2.3$ 、平行平板ガラス4の屈折率 $n_g = 1.5$ の場合の図となっている。

【0022】図4からは、例えば光アイソレータ11を傾き角度5度で使用すると、約 $95 \mu m$ の平行シフト量 s が得られることが判り、集光レンズ10の像倍率を3とすると平行シフト量 s は上述した関係式からレーザダイオード9の近くで約 $32 \mu m$ の変位量が得られる。この変位量は、逆方向における透過光をレーザダイオード9の発光部に結合させないため十分なものである。

【0023】以上に説明した光アイソレータ11やそれを使用した光学系装置において、各光学素子を平行に設置する方法は、光学的接着剤による直接接着や各光学素子を保持する機構部品を用いて簡易に行うことが可能であり、量産に向くものとなっている。

5

【0024】図5は、この光学系装置の光アイソレータ11における傾き角度を5度としたときの平行平板ガラス4の厚さ t 。(μm)に対する平行シフト量 s (μm)の関係を示したものである。

【0025】図5からは、設定可能な光アイソレータ11の傾き角度 θ に対して平行平板ガラス4の厚さ t 。をどの程度にして選択すれば良いかが判る。

【0026】ところで、平行平板ガラス4の役割は第1の偏光子1と第2の偏光子2との間の距離を大きくし、平行シフト量 s を大きくすることであるため、その材質はガラスに限定されず、光透過性と適切な屈折率を持っていれば他の材料を用いても良い。

【0027】図6は、本発明の実施例2に係る光アイソレータの基本構成を示した側面図である。この光アイソレータは、フォトニック結晶から成る反射型の第1の偏光子13、45度ファラデー回転子14、フォトニック結晶から成る反射型の第2の偏光子15をこの順で並べて配備して成ると共に、第1の偏光子13及び第2の偏光子15を非平行に配置し、且つ45度ファラデー回転子14と第1の偏光子13及び第2の偏光子15の何れか一方（ここでは第1の偏光子13）とをほぼ平行に配置して成っている。

【0028】このうち、第1の偏光子13及び第2の偏光子15は、それぞれの透過偏光方向が互いに45度の角度を成すように設定され、且つ光学面が非平行に約1度の角度で設置されており、それらのフォトニック結晶は、基板表面に形成された所定の形状に従って凹凸形状を保持しながら堆積された高屈折率媒質及び低屈折率媒質の多層膜から成り、大面積で光学研磨を必要としない。45度ファラデー回転子14は、GdBifeガーネット厚膜から成り、光の進行方向に沿った磁場Hが印加される。

【0029】図7は、この光アイソレータの順方向及び逆方向における透過光の光路を示した側面図である。

【0030】先ず、この光アイソレータの順方向における透過光について説明する。順方向における入射光は、光路16に沿って第1の偏光子13に入射した後、第1の偏光子13、45度ファラデー回転子14、及び第2の偏光子15を左側から右側へ進んで透過した後、第2の偏光子2から出射光として光路17に沿って出射する。

【0031】次に、この光アイソレータの逆方向における透過光について説明する。逆方向における入射光は、光路17に沿って第2の偏光子15に入射した際、一方の偏光成分が光路18の方向に沿って反射光として反射されると共に、他方の偏光成分が第2の偏光子15及び45度ファラデー回転子14を透過して第1の偏光子13に至る。このとき、他方の偏光成分は偏光方向が第1の偏光子13の透過方向から90度回転しているため、入射光は第1の偏光子13で反射された後、45度ファ

6

ラデー回転子14を透過して第2の偏光子15に至る。又、このとき他方の偏光成分は偏光方向が第2の偏光子15の透過方向から90度回転しているため、入射光は第2の偏光子15で反射された後、45度ファラデー回転子14を透過して第1の偏光子13に入射する。この際、入射光は偏光方向が第1の偏光子13の透過方向に一致しているため、第1の偏光子13を透過して光路19に沿って透過光として出射する。この逆方向における透過光の光路19は、順方向における入射光の光路16に対して第1の偏光子13及び第2の偏光子15が成す角度の2倍（約2度分）だけ傾いたものとなっている。

【0032】図8は、このような光アイソレータを使用した光学系装置の構成を例示した側面図である。この光学系装置は、レーザダイオード20からのレーザ光を凸レンズ21を通して光アイソレータ22に入射させ、光アイソレータ22を通過した透過光を凸レンズ23を通して光ファイバ端24に結合させるように各部がレーザ光の光軸に合わせられて配備されている。

【0033】この光学系装置において、光アイソレータ22には、ほぼ平行光束のレーザ光が入射する。逆方向における透過光の光路19と順方向における入射光の光路16とが成す角度を ϕ とし、凸レンズ21の焦点距離を f とすると、逆方向における透過光の集光点はレーザダイオード20の発光部分の中心から約 $f\phi$ だけ変位する。通常の光アイソレータでは順方向における透過光に対する逆方向における透過光の角度変化が1度以上あれば、高い逆方向損失が得られるため、この光学系装置の光アイソレータ22の場合には充分な基本機能が確保される。

【0034】尚、図6及び図7に示した実施例2の光アイソレータ22では、第1の偏光子13及び45度ファラデー回転子14を平行に並べて第2の偏光子15をこれらに対して非平行になる配置構成を説明したが、これに代えて45度ファラデー回転子14及び第2の偏光子15を平行に並べて第1の偏光子13をこれらに対して非平行になる配置構成としても良い。

【0035】

【発明の効果】以上に述べた通り、本発明の光アイソレータによれば、従来の複屈折単結晶のプリズム、金属粒子を含むガラス、誘電体及び金属の複合多層膜等から成る偏光子の材料を改良してフォトニック結晶を用いた反射型の偏光子を用いており、このフォトニック結晶は基板表面に形成された所定の形状に従って凹凸形状を保持しながら堆積された高屈折率媒質及び低屈折率媒質の多層膜から成る大面積で光学研磨を必要としないものであるため、光学的な特性を損うことなく製造上において低価格で量産可能になる。結果として、既存の光アイソレータと同程度の光学的な特性（挿入損失及び逆方向損失）を有し、従来よりも簡易にして低価格に光アイソレ

10

20

30

40

50

7

ータを製造できるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1に係る光アイソレータの基本構成を示した側面図である。

【図2】図1に示す光アイソレータの順方向及び逆方向における透過光の光路を示した側面図である。

【図3】図1に示す光アイソレータを使用した光学系装置の構成を例示した側面図である。

【図4】図3に示す光学系装置の光アイソレータにおける傾き角度に対する平行シフト量の関係を示したもので10

【図5】図4で説明した光学系装置の光アイソレータにおける平行平板ガラスの厚さに対する平行シフト量の関係を示したものである。

【図6】本発明の実施例2に係る光アイソレータの基本構成を示した側面図である。 *

8

* 【図7】図6に示す光アイソレータの順方向及び逆方向における透過光の光路を示した側面図である。

【図8】図6に示す光アイソレータを使用した光学系装置の構成を例示した側面図である。

【符号の説明】

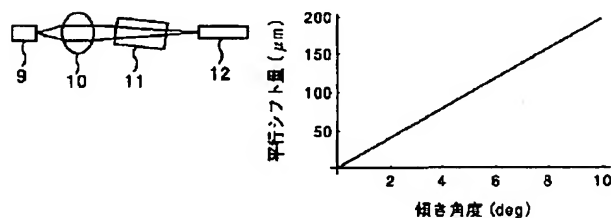
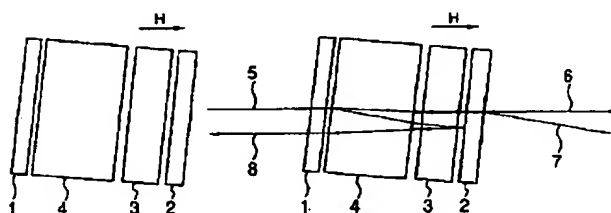
- 1、13 第1の偏光子
- 2、15 第2の偏光子
- 3、14 45度ファラデー回転子
- 4 平行平板ガラス
- 5～8、16～19 光路
- 9、20 レーザダイオード
- 10 集光レンズ
- 11、22 光アイソレータ
- 12、24 光ファイバ端
- 21、23 凸レンズ

【図1】

【図2】

【図3】

【図4】

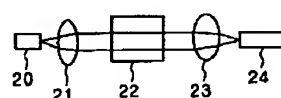
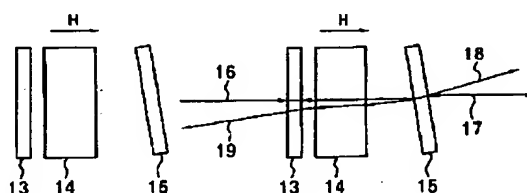
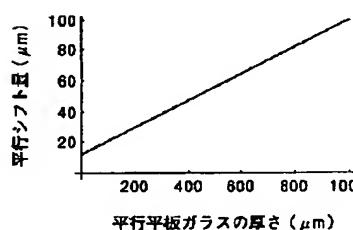


【図5】

【図6】

【図7】

【図8】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H049 BA02 BA05 BA08 BA43 BB03
 BB42 BC14 BC25
 2H099 AA01 BA02 CA11 DA05
 5K002 AA07 BA02 CA12